植 物 分 类 学 报 35(3):275~288(1997)
Acta Phytotaxonomica Sinica

介绍双子叶植物叶结构分类术语*

孙启高 宋书银 王宇飞 李承森
(中国科学院植物研究所,北京 100093)

INTRODUCTION TO TERMINOLOGY OF CLASSIFICATION OF DICOTYLEDONOUS LEAF ARCHITECTURE

Sun Qi-gao Song Shu-yin Wang Yu-fei Li Cheng-sen
(*Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences*, Beijing 100093)

Abstract The terminology of classification of dicotyledonous leaf architecture is introduced in Chinese version. It is very useful for the standardization of terminology and academic communication.

Key words Dicotyledon; Leaf architecture; Terminology

摘要 本文系统地介绍了双子叶植物叶结构分类术语。这不仅有利于术语规范化,而且有利于国内外同行交流。

关键词 双子叶植物; 叶结构; 术语

叶片作为植物功能器官,与周围环境直接发生关系。叶片结构功能与环境的统一,反映在其既具有可用于系统学研究的属种结构上的稳定性,又具有其结构饰变、适应环境并响应环境变化的一面。因此叶结构分析除在组合性状上用于分类群的鉴定分析(Cantrill & Nichols,1996),还可以定性与定量地指示环境变迁(Gastaldo *et al*.,1996)。

在被子植物系统进化研究领域中,传统上侧重于生殖结构的演化分析,而对营养器官,尤其叶生物学性状,从研究方法到规范术语等方面严重滞后。当从地史角度研究被子植物的早期发生与分化时,大量保存于地层中的是被子植物叶化石,其生物学信息的提取需要一套系统、严谨、可靠的科学方法。然而长期以来,叶片鉴定主要凭借外形相似,缺乏严谨的生物学性状分析基础。美国耶鲁大学著名古植物学家 Hickey(1973)综合前人在叶形和叶脉分类上的研究成果,提出了一套完整的双子叶植物叶结构分析方法,1979 年进一步修订完善。经过近 20 年的发展、应用和验证,该叶结构分析方法逐渐成为国际上普遍接受、较为成熟且可实际操作的体系。作为系统植物学研究中一项重要工具,它在我国植物学研究中业已采用(Zhou & Chen,1995;Sun & Ming,1995;Yu *et al*.,1991;李浩敏,Hickey,1988),但缺乏系统介绍。为促进国内同行研究、交流及术语规范化,对该体系予以系统介绍极为重要和必要。

---

* 国家自然科学基金和中国科学院古生物与古人类特别支持费资助。
感谢美国耶鲁大学 Leo J. Hickey 教授(E-mail:leo.hickey@yale.edu)的大力支持,同意我们介绍其叶结构分类术语体系。许梅娟先生绘图,高红女士用计算机校对术语,在此一并致谢。
1996-10-24 收稿。

双子叶植物叶结构分类术语

Ⅰ. **方向**(orientation)——图 1:1 表示叶方向的基本轴

1. 顶端(apical)——朝叶尖方向(朝上)
2. 基部(basal)——朝叶基方向(朝下)
3. 离轴(exmedial)——离开叶轴方向。和 Abaxial("背轴的、轴外的")不是同义词,Abaxial 一词包涵实际存在的轴,如:茎,而不包涵对称轴。
4. 向轴(admedial)——朝叶轴方向。和 adaxial("近轴的")不是同义词(理由同上)。图 1:2 表示叶形卷曲,包括叶缘、齿及脉序。
5. 凸起(convex)——远离叶中心或叶轴方向弯曲,对于掌状脉是远离主脉的源点方向。
6. 下凹(concave)——朝叶中心等方向弯曲。

Ⅱ. **叶类型**(leaf organization)

1. 单叶(simple):只有一个叶片,叶柄与叶片间不具关节。
2. 复叶(compound):有两片至多片分离的叶片生在一个总叶柄或总叶轴上。这些叶片叫小叶,小叶的柄叫小叶柄。

(1)羽状复叶(pinnate)

1)排列(arrangement)

①偶数羽状复叶(even)(图 2:1)

②奇数羽状复叶(odd)(图 2:2)

特例(special cases):

羽状三出复叶(pinnately trifoliolate)(图 2:3)

三出复叶(ternate)(图 2:4)

③单身复叶

2)分支次数(dissection)

①一回羽状复叶(once pinnate)(图 2:5)

②二回羽状复叶(bipinnate)(图 2:6)

③三回羽状复叶(tripinnate)

④四回羽状复叶(quadrapinnate)

(2)掌状复叶(palmate)(图 2:7)

掌状三出复叶(图 2:8)或(图 2:9)

Ⅲ. **叶形**(shape)

1. 叶片(lamina)

(1)对称性 (balance)

1)整个叶片 (whole lamina)

①对称 (symmetrical)(图 1:1)

②不对称 (asymmetrical)(图 3:1)

2)仅叶基部 (base only)

①对称 (symmetrical)(图 1:1)

②不对称 (asymmetrical)(图 3:2)

(2)叶形(form)

1)矩圆形(oblong)——叶片最大宽度轴和两条几乎平行的叶缘组成的一个区域,覆盖 叶片长轴的中部(图 4:1)。下面是用于亚级分类的长宽比下限,最后一组除外。

①线性(linear) 长宽比 10:1 或以上

②带状(lorate) 长宽比 6:1

③窄矩圆形(narrow oblong) 长宽比 3:1

④矩圆形(oblong) 长宽比 2:1

⑤宽矩圆形(wide oblong) 长宽比 1.5:1

⑥过宽矩圆形 (very wide oblong) 长宽比 1.2:1 或以下

2)椭圆形(elliptic)——最大宽度轴垂直于叶轴中点处(图 4:2),以下分类中的 叶缘凸起,或者有些是凸凹交错。

①过窄椭圆形(very narrow elliptic) 长宽比 6:1 或以上

②窄椭圆形(narrow elliptic) 长宽比 3:1

③椭圆形(elliptic) 长宽比 2:1

④宽椭圆形(wide elliptic) 长宽比 1.5:1

⑤亚圆形(suborbiculate) 长宽比 1.2:1

⑥圆形(orbiculate) 长宽比 1:1

⑦扁圆形(oblate) 长宽比 0.75:1 或以下

3)卵形(ovate)——叶片最大宽度轴相交叶轴基部于前者中点(图 4:3)。

①披针形(lanceolate) 长宽比 3:1 或以上

②窄卵形(narrow ovate) 长宽比 2:1

③卵形(ovate) 长宽比 1.5:1

④宽卵形(wide ovate) 长宽比 1.2:1

⑤过宽卵形(very wide ovate) 长宽比 1:1 或以下

4)倒卵形(obovate)——最大宽度轴相交叶尖长轴于前者的中点(图 4:4)。

①窄倒披针形(narrow oblanceolate) 长宽比 6:1

②倒披针形(oblanceolate) 长宽比 3:1

③窄倒卵形(narrow obovate) 长宽比 2:1

④宽卵形(wide obovate) 长宽比 1.2:1

⑤过宽倒卵形(very wide obovate) 长宽比 1:1 或以下

5)特殊形状,包括针形、锥形、肾形、三角形、匙形等。

2. 叶尖(apex)——叶上端略多于 25% 的叶缘围成的区域。

(1)急尖(acute)——叶缘笔直凸起,顶角小于90°(图 5:1)。
(2)渐尖(acuminate)——叶顶尖锐,叶尖两侧叶缘明显下凹,尖部或长或短(图 5:5)。
(3)渐狭的(attenuate)——叶缘呈直线形或有点下凹,逐渐变尖,到叶端呈窄尖叶尖(图 5:9)
(4)钝的(obtuse)——叶缘凸起,形成一个大于90°的夹角(图 5:2)。
(5)圆形(rounded)——叶缘在叶尖形成一个圆弧(图 5:7)
(6)短尖(mucronate)——叶尖在中脉处呈尖点(图 5:6)
(7)微凹(retuse)——叶尖在中脉处有较浅缺刻,细弯处内角一般小于 25°(图 5:3)
(8)微缺的(emarginate)——叶顶端缺刻较宽,两边叶组织突出(图 5:4)
(9)截形(truncate)——叶尖突然终止,好象被切掉,叶缘几乎垂直于中脉(图 5:8)
(10)其他

3. 基部(base)——由略少于 25% 的叶缘围成的区域
(1)急尖(acute)——叶缘夹角小于 90°
1)正常(normal)——基部叶缘曲线状,在叶柄处终止,没有明显的方向变化(图 6:1)
2)楔形(cuneate)——叶缘几乎笔直,形成顶角小于 90°的楔子(图 6:3)
3)下延的(decurrent)——叶基以低角度沿着叶柄向下延伸到茎上呈棱状或翼状(图 6:5)
(2)钝的(obtuse)——叶缘夹角大于 90°
1)正常(normal)——基部叶缘曲线状,在叶柄处终止,没有明显的方向变化(图 6:2)
2)楔形(cuneate)——叶缘笔直或几乎笔直,形成一个大于 90°的楔子(稀少)
(3)圆形(rounded)——叶缘在基部呈圆弧状(图 6:4)
(4)截形(truncate)——叶尖突然终止,好象被切掉,叶缘几乎垂直于中脉(图 6:6)
(5)心形(cordate)——叶基在叶柄连接处凹入呈缺口,有细弯突起,其两侧叶缘呈直线状或外凸(图 6:7)
(6)耳状浅裂(auriculate-lobate)——大小不等的圆状突起,其内缘(朝叶柄方向)有点下凹(图 6:8)
(7)箭头形(saggitate)——具有两个较尖的大裂片,其尖部朝下,与叶轴成 45°或小于 45°的夹角(图 6:9)
(8)戟形(hastate)——有两个较尖的大裂片,其尖端朝外,与叶轴成大于 45°的角(图 6:10)
(9)盾状(peltate)——叶柄着生在叶缘内侧(叶片背面)(图 6:11)
(10)其他

Ⅳ. **叶缘**(margin)

1. 全缘(entire)——叶缘光滑或呈弧状,没有明显的突起或齿痕
2. 浅裂(lobed)——叶缘朝中脉方向(若无中脉,则朝叶的长轴方向)浅裂 1/4 或多于 1/4(图 7:1)
3. 具齿的(toothed)——叶缘突起,齿端较尖,齿深距中脉或叶长轴不及 1/4(图 7:2,3,5,6,7,9,10)
(1)齿状(dentate)(图 7:2)——齿尖,有轴,与叶缘的走向垂直:象叶尖一样,有急尖(图 5:1),钝的(图 5:2),渐尖(图 5:5),渐狭的(图 5:9),或短尖(图 5:6)(定义见“叶尖”一节)
(2)锯齿状(serrate)(图 7:3)——锯齿较尖,有轴,该轴与叶缘的走向(即切线方向)斜交
1)顶角(apical angle)
①急尖(acute)——两边夹角小于 90°(典型)
②钝角(obtuse)——两边夹角大于 90°(稀少)
2)锯齿类型(serration type)——由底边和顶边的形状决定(图 7:7)。在鉴定科属特征上,经常表现 1 至 2 个锯齿类型的高度一致性。
4. 钝齿形(crenate)(图 7:4)——钝齿光滑,无尖顶
5. 缺刻状(erose)(图 7:8)——不规则,好象被啃过一样
6. 外卷的(revolute)(图 7:11)——叶缘朝下卷曲,既适合全缘叶又适合非全缘叶
7. 弯缺(sinuses)——叶缘各种突起间的缺刻,有浅裂,齿状,锯齿状和钝锯齿状
(1)圆形(rounded)(图 7:9)——叶缘细弯形成一个光滑的曲线
(2)有角度的(angular)(图 7:7)——叶缘细弯汇成一点
8. 间隔(spacing)——齿上相关点的间隔
(1)规则型(regular)(图 7:5)——间隔变化低于 25%

(2)不规则型(irregular)(图7:6)——间隔变化大于25%

9.系列(series)——锯齿按大小分组

(1)单一型(simple)(图7:5)所有锯齿一样大

(2)复合型(compound)(图7:6)——锯齿可分成两个或多个特定大小的组别，如重齿等

Ⅴ.**腺体位置**(gland position)(包括蜜腺，吐水器，含单宁腺体等)(图8:1,2)

1.在叶柄上(petiolar)——在叶柄组织上，包括叶柄上端

2.在叶片基部(basilaminar)——在叶基部的叶组织上

3.在叶片上(laminar)——一般分布在叶组织上

4.在顶端(apical)——在叶尖上

5.在叶缘上(marginal)——分布在叶缘上或叶缘附近

(1)在全缘叶的叶缘上

(2)在齿上

1)作为腺体加厚

2)作为腺体的刚毛(seta)(图8:1)

3)在弯缺里

Ⅵ.**齿结构的组成**(elements of tooth architecture)

叶缘的形状已在Ⅳ.3中作了叙述.

1.腺性:在齿尖或脉序终点集中不透明的物质，或在齿尖或顶孔(an apical opening)有大量致密细胞

(1)无腺体(图9:1,10)

(2)具腺的(glandular)

1)清晰:由致密细胞组成(图9:2)或顶端有孔(apical opening, foramen)(图9:3)

2)黑色:由于单宁或树脂物质的积累，呈黑色或不透明状(图9:4,13)

2.齿的顶端

(1)单一:齿尖沿着叶缘方向伸展，无下列变化(图9:5)

(2)刺状齿(spinose)主脉朝顶端外侧突出(*Castanea*)(图9:6,10)

(3)盔状(cassidate)或短尖状(mucronate):具有一个半透明的、非脱落性的帽状或与齿作短尖状聚合(Monimiaceae)(图9:11)

(4)刚毛状(setaceous):有一根半透明、脱落性刚毛或帽状加厚，不与其余齿物质聚合(Theaceae, Ochnaceae)(图9:7,12)

(5)球状(spherulate):具有球状愈伤体，在顶尖聚合(*Idesia*, Salicaceae)(图9:8,13)

(6)侵填体(tylate):脉序朝向具有透明的填充物，其细胞致密，而后消失(Cucurbitaceae, Begoniaceae)(图9:2,9)

(7)乳头状(papillate):具有清晰，乳头状，具腺顶端(图9:14)

(8)有孔的(foramenate):主脉终端有孔，向外拓宽(Rosaceae, Saxifragaceae)(图9:3)

3.齿的主脉序结构:一般有二级或三级脉序

(1)脉序的走向

1)居中(central):基本呈轴对称(图9:2,5,11)

2)偏心(eccentric):朝向对称轴一侧(图9:9,15)

(2)脉序的发生

1)直线形(direct):作为叶片脉序的连续，直接伸展到齿(图9:4,11)

2)偏离(deflected):或开始于叶缘弯缺的基点，或脉序均等分支，一个伸展到齿，一个延伸到弯缺(图9:1,15)

4.侧脉(accessory):比齿主脉的脉序高

(1)缺失(absent)(图9:6)，不完整(图9:15)或环形(图9:16)

(2)存在(present)

1)与主脉相连(Chloranthaceae)(图9:11)

2)与主脉聚合(connivent)，在腺垫处终止(Cucurbitaceae)(图9:3)，或在顶孔处终止(Rosaceae)(图9:3).

Ⅶ.**质地**(texture)

1.膜质化(membranaceous)——薄，半透明，象薄膜

2.纸状(chartaceous)——不透明，象书写纸

3.革质(coriaceous)——革质，厚，硬

4.其他

Ⅷ.**叶柄**(petiole)

1.正常(normal)——没有显著的加厚或其他情况

2.膨大(inflated)——加厚，包括枕状

3.具翅的(winged)——每边有窄条形叶片

4.缺失(absent)——叶片无柄，直接着生在叶轴上

Ⅸ.**叶脉**(venation)

1.脉序类型(type of venation)

(1)羽状脉(pinnate)——具有一条主脉(中脉)，是多级脉的发端

1)达缘脉(craspedodromous)——二级脉达缘

①简单型(simple)——所有的二级脉和它们的分支均达缘(图10:1)

②半达缘脉(semicraspedodromous)——二级脉

在叶缘内分支,其中一条达缘,另一条与上端相邻的二级脉相连(图 10:2)

③混合型(mixed)——大约一半的二级脉达缘;一半不达缘,通常交错(图 10:3)

2)弓曲脉(camptodromous)——二级脉不达缘

①弓形脉(brochidodromous)——二级脉连在一起,形成一系列明显突起的圆弧(图 10:6)

②真曲脉(eucamptodromous)——二级脉上翻,其顶端在叶缘内侧逐渐变细,与上邻二级脉相连,形成一系列相交脉序,但没有形成突出的叶缘环(图 10:7)

③网状脉(reticulodromous)——二级脉沿着叶缘方向失去它们的一致性,不断分叉以致形成脉网(图 10:8)

④分支脉(cladodromous)——二级脉朝叶缘方向自由分支(图 10:9)

3)隐脉(hyphodromous)——除了主脉,其他脉缺失,或发育不完全,或隐含在革质及肉质叶里(图 10:4)

(2)平行脉(parallelodromous)——从叶基部发端两条或多条主脉,彼此相邻,平行延伸至叶尖处汇合(图 10:5)

(3)弧状脉(campylodromous)——几条主脉或它们的分支均发端一个点,呈弧状延伸,发育良好,来回曲折(弧线呈凹凸变化),脉型上下聚合(图 10:18)

(4)聚顶脉(acrodromous)——两条或多条主脉,或发育极好的二级脉,弧状伸展,在叶尖上聚合,弧线在基部不回折(弧线无凹凸变化)(图 10:19,20,21,22)

1)位置(position)

①基部(basal)——聚顶脉发端于叶基部(图 10:19,21)

②叶基部上端(suprabasal)——聚顶脉发端于叶基部上端某处(图 10:20,22)

2)发育(development)

①完整(perfect)——聚顶脉发育完整,至少延伸到叶尖 2/3 处(图 10:19,20)

②不完整(imperfect)——聚顶脉延伸不到叶尖 2/3 处(图 10:21,22)

(5)掌状脉(actinodromous)——三条或多条主脉从一个单点等长度分叉(图 10:10,11,12,13,14,15,16)

(6)复出掌状脉(palinactinodromous)——主脉在最低点之上有一个或多个侧生辐射点(图 10:17)

(以下分类适合上面第 5 条和第 6 条)

1)主脉的第一个辐射点的位置

①基部(basal)(图 10:10,12,14,15)——起始辐射点在叶基部

②叶基部上端(suprabasal)(图 10:11,13,17)——起始辐射点位于叶基部上端某处

2)发育(development)

①完整(perfect)——侧掌状脉的分枝至少覆盖 2/3 的叶面积(图 10:10,11,12,13)

达缘(marginal)——掌状脉达缘(图 10:10,11)

网状(reticulate)——掌状脉不达缘(图 10:12,13)

②不完整(imperfect)——发端于侧掌状主脉的脉序覆盖不足 2/3 的叶面积

达缘(marginal)(图 10:14)

网状(reticulate)(图 10:15)

③扇形脉(flabellate)——几个乃至多个相同的细脉在基部开始以低角度等径分叉,并在顶端分支(图 10:16)

2. 脉序(venation orders)

在大多数叶片中,可以很清晰地将叶脉分成各种等级。(1)主脉:决定脉序的主要原则是发生点的相对大小。叶片的主脉是进行脉序分级的起点。主脉是最粗的叶脉,或单个出现,或作为中脉。主脉的判定标准是:对于主脉源在分支点以上,各分支粗度大致相等。(2)二级脉:主脉分支,明显小于主脉,即是一组二级脉;(3)三级脉:再细的分支即为三级脉。依次类推,直至末级脉序。但有三种情形的脉序较难判定,即:1)叶基部上端侧生主脉(suprabasal),亦即是起源于叶基部上端的侧生主脉;2)二级脉的分支;3)间二级脉(intersecondary)。以下分别加以说明。

侧生主脉通常起源叶基部上端,作为主脉的分支。大多数情形下,侧生主脉的粗度在分支点和源脉相等或极为接近。有时候,侧生主脉比主脉细,但比下组较细的叶脉——二级脉要粗。这些特征有助于判定这些侧生分支为主脉。其主要分支将产生二级脉,它们的大小及行为同叶基主脉所产生的二级脉没有区别。和其他主脉一样,主要分支可以形成叶裂片的中脉。它的行为与其脉序的其他分支是可类比的(图 10:17)。然而,主脉分支的粗度与典型二级脉一样,其行为存在差异(通常是起源角度),它仍然被看作为二级脉。

二级脉分支在分支点的粗度通常和原二级脉一样。分支较细,由于几何关系可以将它们分为二

级脉,然而,当这些脉的粗度朝三级脉的方向逐渐变细,它们的行为逐步调整,直到根据这两条标准它们与三级脉无法区分。

间二级脉处在二级脉中间,其粗度介于羽状脉的二级脉和三级脉之间(图 11)。尽管它们的长度比二级脉短,但各脉(几乎)平行。与二级脉极为接近。

随二歧分支次数的增加,判定脉序的困难也在增加。然而最终分支的行为通常有助于区分脉序。当各种脉序的叶脉汇合成网状,进行脉序的判定就不可能(图 14:7,9)。

(1)主脉(primary veins)(一级脉)——最粗的叶脉,或以中脉单独出现,或发端于叶柄作为粗度大致相同的一组脉(图 10:10,11),或作为叶片基部上端侧生主脉或中脉分支。在后面一种情形中,主分支和源脉在分支点以上的粗度差不多。

1)粗度(size)

①很粗(massive)

②粗(stout)

③一般(moderate)

④较细(weak)

2)脉形(course)

①笔直(straight)(图 10:6)——无明显弯曲和脉形变化

未分支(unbranched)(图 11)——无主要分支

有分支(branched)(图 10:11)——有一个或多个主要分支

②明显地弯曲(markedly curved)(图 10:2)——明显地弯曲成一个圆滑的圆弧

③波状弯缺(sinuous)——弯曲方向不断变化(图 12:1)

④"之"字形(zigzag)——反复弯曲,拐弯处有角度(图 12:2)

(2)二级脉(secondary veins)——起源于主脉,脉粗次之,在分支处其粗度相当(图 11)

1)分叉角(angle of divergence)——在分支点以上,分支及源脉形成的角(图 11)

①锐角(acute)——角度小于 80°

窄(narrow)——小于 45°

适中(moderate)——45°~65°

宽(wide)——65°~80°

②直角(right angle)——或 80°~100°左右

③钝角(obtuse)——大于 100°

2)分叉角度的变化

①分叉角度几乎一致(图 11),可作为分类上有用的特征

②上端二级脉比下端钝(图 13:1)

③上端二级脉比下端尖(图 13:2)

④最底端二级脉所形成的角比上端都尖(图 13:3)

⑤下端和上端二级脉比中部的钝(图 13:4)

⑥叶片一边的分叉角比另一边尖(图 10:7)

⑦分叉角度变化不规则(图 13:5)

3)二级脉的粗度分为:粗,适中,极细

4)脉形(course)——下面多个术语可以适用

①笔直(straight)(图 10:1)——无明显偏离

②外弯的(recurved)(图 10:1 中二级脉的下部)——基部脉形呈弧状

③弯曲(curved)——弯成弧状

整齐一致地(uniformly)(图 10:14)——弧线平滑或弯曲度增加

突然地(abruptly)——弯曲度局部急剧增加(图 10:6)

④波状(sinuous)——弯曲方向不断改变,呈波状(图 13:5a)

⑤"之"字形(zigzag)——重复弯曲,方向变化有角度(图 13:5b)

⑥无分支(unbranched)(图 10:6)——无二级脉序分支

⑦分支(branched)(图 11)——具有一个或多个二级脉分支

⑧有外侧二级脉(图 10:1)——在二级脉离轴一侧有一系列二级分支

5)环形分支的行为(若有)

①以锐角与上端相邻二级脉相连(图 11:a)

②以直角与上端相邻二级脉相连(图 11:b)

③以钝角与上端相邻二级脉相连(图 11:c)

④为二级弧或三级或四级弧所围(图 11:d)

⑤形成近缘内脉(图 14:1)

6)间二级脉(intersecondary veins)——粗度介于二级脉和三级脉之间,一般是产生于中脉,散布在二级脉中,脉形几乎平行。有两种类型:

①单一型——由单一的叶脉片断组成(图 11:e)

②复合型——脉长 50%以上由聚合三级

脉片断组成(图 14:2)

7)近缘内脉(intramarginal)——和叶缘几乎平行,与二级脉重合。这种重叠加上离轴弓形二级脉弧断直线化也许会形成一条独立的脉(图 14:1)

8)脉间区(intercostal areas)——位于二级脉之间的叶片

(3)三级脉——比二级脉较细的次级脉和直接从主脉上分支出的等粗度的脉

1)分支角度——同时考虑二级脉下端离轴(exmedial)方向产生的三级脉主角和二级脉上端向轴方向(admedial)产生的三级脉主角会得到具有分析价值的特征(图 11:f～o)

2)类型

①分支(ramified)——三级脉分支成次级脉,但不与二级脉相连(尽管它们的次级脉之派生脉可能会)

离轴(exmedial)——朝叶缘方向分支(图 14:3)

向轴(admedial)——朝叶轴方向分支(图 14:4)

横向(transverse)——脉间区(intercostal areas)方向分支——常见(图 14:5)

②网状(reticulate)——三级脉与其他三级或二级脉构成网状

随机网状(random reticulate)——构网角度有变化(图 14:6)

方块网(orthogonal reticulate)——构网角度主要是直角(图 14:7)

③及顶型(percurrent)——和对面三级脉相连

a)脉形(course)

单一型(simple)——未分支(图 11)

分叉(forked)——产生三级分支(图 14:2)

直线(straight)——通过脉区无明显变化(图 11:h,l)

凸起(concex)——脉中部朝远离叶中心方向弯曲(图 11:f)

下凹(concave)——脉中部朝叶中心弯曲(图 11:n)

波状弯曲的(sinuous)——弯曲方向反复变化(图 14:8)

"S"型弯曲(retroflexed)——形成单一"S"型,上端凹,下端凸(图 11:15)

外弯的、下弯的(recurved)——在二级脉向轴侧一边,从分支点向内弯曲,直到中脉结束(图 11)

b)与中脉的关系(图 15:1)

约成直角(图 15:2)

纵的(longitudinal)——大致平行(图 15:3)

偏斜(oblique)——呈钝角走向,或很少与中脉成锐角

约成直角(图 15:4)

角度沿离轴方向递减(图 15:5)

角度沿顶端方向递减(图 15:6)

c)排列(arrangement)

主要是交错方式——与一个突然、有角、不连续的分支相连(图 14:2,4)

主要是平行方式——平缓相连,或以直线,或以曲线(图 11)

交错与平行约各占一半

(4)多级脉序——发端于三级脉的细脉序及较低脉序产生的等粗度脉均叫四级脉,依次类推为五级脉。多级脉有时呈网状,脉序不可能区分开(图 14:9)。叶缘末级脉型(marginal ultimate venation)有以下类型:

1)不完整(incomplete)——直接邻近叶缘,以任意小脉结束(图 16:3,5)

2)环形(looped)——叶缘末级脉的主要部分下弯成环形(图 16:1,2,4)

3)边脉(fimbriate)——各多级脉在叶缘内侧重叠成一条脉(图 16:6,7)

(5)小脉(veinlets)——叶片的任意末级脉(ending ultimate veins),以及偶然穿过脉间区向远处延伸的类似脉序

1)无小脉(图 17:1)

2)单一型(simple)——无分支

①线性(linear)(图 17:2)

②弯曲的(curved)(图 17:3)

3)分支(branched)——二歧式分支

①一回(图 17:4)

②二回(图 17:5)

③三回(图 17:6),等

(6)脉间区(areoles)——为叶组织最小的单位,由叶脉所围,放在一起形成彼此相邻的区域,覆盖大部分叶片,横穿脉间区的小脉,这样偶尔形成较小的单位。叶片上的任何脉序,从主脉到自由结束的小脉以下的多级脉能形成脉间区一个或多个边,

然而,仅仅小脉或偶尔穿过的非自由结束脉形成的小区，其脉间区的表现及特征叫脉间区化 (areolation)。

1)发育

①发育好——网目大小和形状比较一致(图 18:4)

②不完整(imperfect)——网目形状不规则,或大小有变化(图 18:3)

③不完全闭合网目(incompletely closed meshes)——网目一至多个边并未被叶脉所围,导致网目异常地大,形状极度不规则(图 18:2)

④脉间区缺失(areolation lacking)——如在隐脉叶或多浆植物叶上，叶脉一般很少简单分支成脉间区,形状,大小或脉型与叶脉围成的区域不一致(图 18:1)

2)分布与排列(arrangement)

①随机(random)——脉间区无特定的方向(图 18:3)

②有方向(oriented)——在某一特定区域排列,或分布类型相似(图 18:4)

3) 形状(shape)

①三角形(triangular)(图 19:3)

②四边形(quadrangular)(图 19:2)

③五边形(pentagonal)(图 19:1)

④多边形(polygonal)——多于 5 条边

⑤圆形(rounded)

⑥不规则(irregular.)

参 考 文 献

李浩敏, Leo J Hickey, 1988. 金缕梅科(广义)的叶结构及分类. 植物分类学报, **26**(2):96～110

Cantrill D J, Nichols G J, 1996. Taxonomy and palaeoecology of Early Cretaceous(Late Albian) angiosperm leaves from Alexander Island, Antarctica. Review of Palaeobotany and Palynology, **92**:1～28

Gastaldo R A, Ferguson D K *et al.*, 1996. Criteria to distinguish parautochthonous leaves in Tertiary alluvial channel-fills. Review of Palaeobotany and Palynology, **91**:1～22

Hickey Leo J, 1973. Classification of the architecture of dicotyledonous leaves. Amer J Bot, **60**(1):17～33

Hickey Leo J, 1979. A revised classification of the architecture of dicotyledonous leaves. In: Metcalfe C R and Chalk L eds. Anatomy of the Dicotyledons. Oxford: Clarendon Press, 25～39

Sun Hang, Ming Tian-lu, 1995. The characters of leaf architecture and its systematic significance in the genus *Camellia*. Cathaya, **7**: 189～215

Yu Cheng-hong, Chen Ze-lian, 1991. Leaf Architecture of the Woody Dicotyledons from Tropical and Subtropical China. International Academic Publishers(A Pergamon-CNPIEC Joint Venture), 1～37

Zhou Zhe-kun, Hazel Wikinson, Wu Zheng-yi, 1995. Taxonomical and evolutionary implications of the leaf anatomy and architecture of *Quercus* L. subgenus *Quercus* from China. Cathaya, **7**:1～34

附图 1～19 见下页(See the Figs. 1～19 at the following pages)

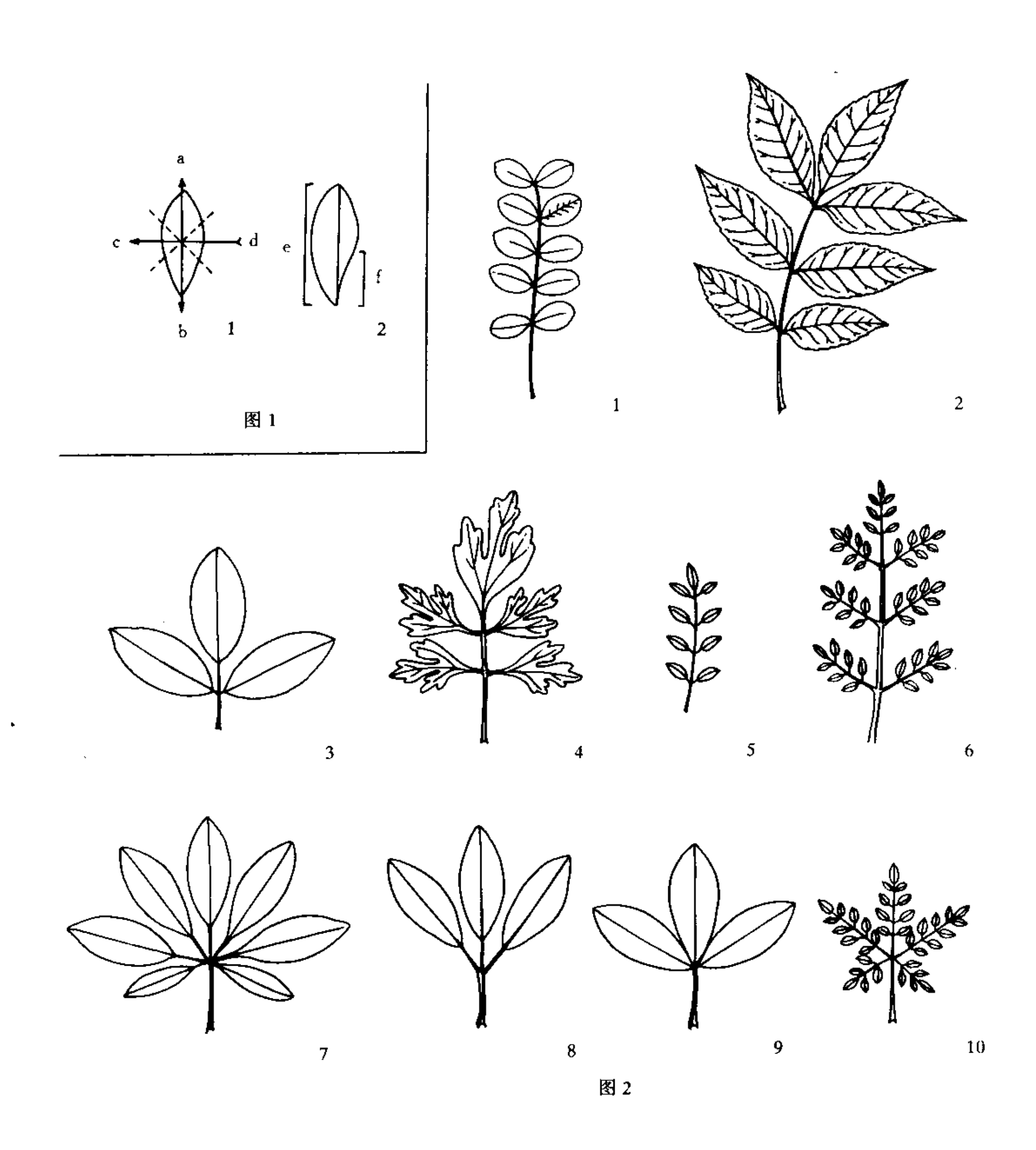


图 1　叶片方向　1. 叶基本轴:a. 顶端; b. 基部; c. 离轴方向; d. 向轴方向。2. 叶缘弯曲:e. 凸起; f. 下凹。
图 2　叶类型　1. 偶数羽状复叶;2. 奇数羽状复叶;3. 羽状三出复叶;4. 三出复叶;5. 一回羽状复叶;6. 二回羽状复叶;7. 掌状叶;8~9. 掌状三出复叶;10. 复羽状掌状叶。
Fig. 1　Leaf orientation　1. basic axes of orientation in the leaf; a. apical; b. basal; c. exmedial; d. admedial. 2. curves of leaf: e. convex; f. concave.
Fig. 2　Leaf organization　1. even pinnate; 2. regular odd pinnate; 3. pinnately trifoliate; 4. ternate; 5. once pinnate; 6. bipinnate; 7. palmate; 8~9. palmately trifoliate; 10. palmate with pinnate pinnae.

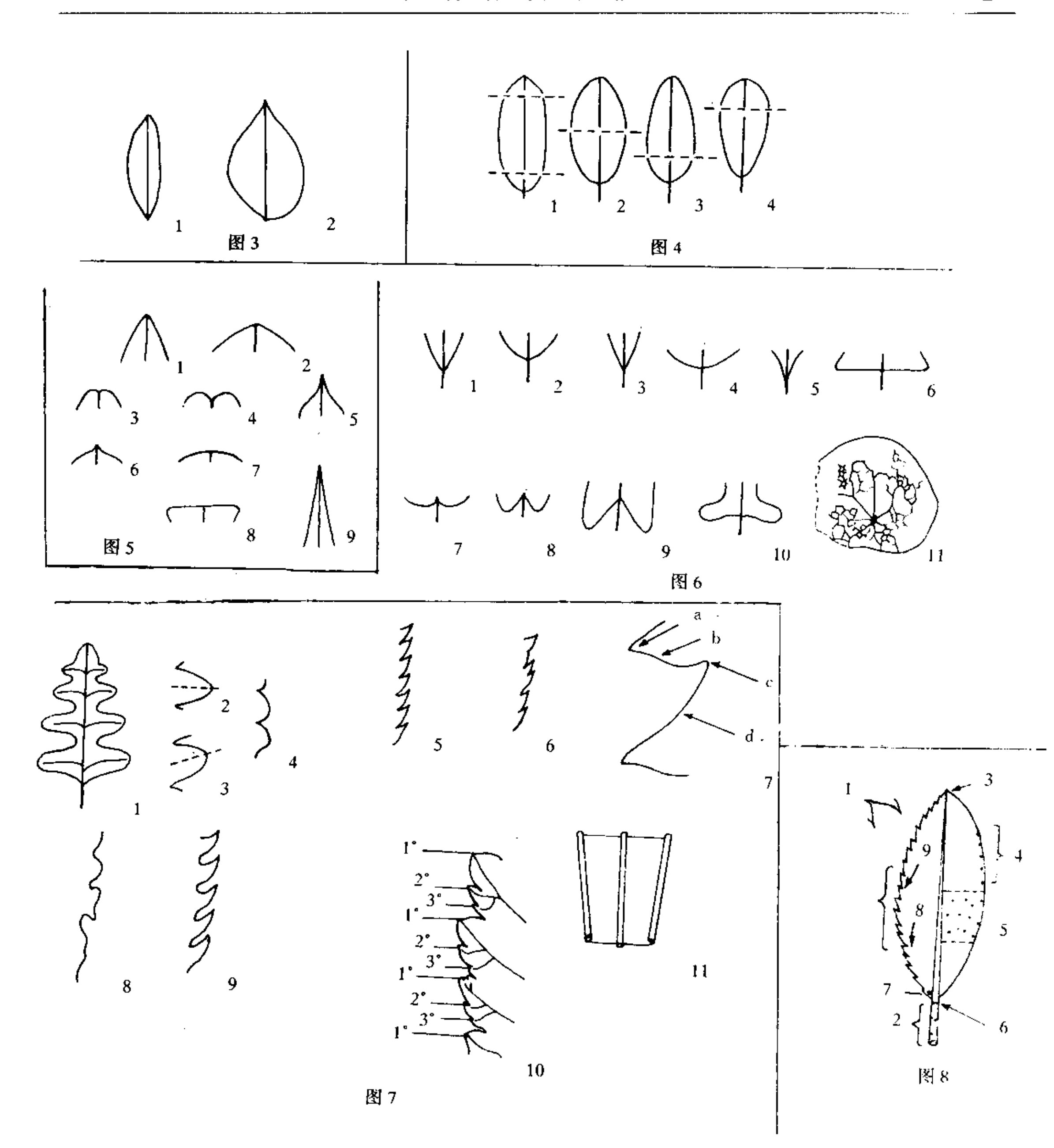


图3 叶不对称性 1. 整个叶片不对称；2. 仅基部不对称。 图4 叶形 1. 矩圆形；2. 椭圆形；3. 卵形；4. 倒卵形。 图5 叶尖 1. 急尖；2. 钝的；3. 微凹；4. 微缺；5. 渐尖；6. 短尖；7. 圆形；8. 截形；9. 渐狭。 图6 叶基 1. 急尖；2. 钝的；3. 楔形；4. 圆形；5. 下延；6. 截形；7. 心形；8. 浅裂；9. 箭头形；10. 戟形；11. 盾形。 图7 叶缘 1. 浅裂；2. 齿状；3. 锯齿状；4. 钝齿形；5. 有规则间隔；6. 不规则间隔；7. 齿的构成：a. 叶缘弯曲(有角)；b. 顶边；c. 齿尖；d. 底边；8. 缺刻状；9. 圆形弯曲；10. 齿序；11. 外卷。 图8 腺体位置 1. 在刚毛上；2. 在叶柄上；3. 在叶尖；4. 在叶缘上；5. 在叶片上；6. 在叶柄上端；7. 在叶基部；8. 在弯缺处；9. 在齿上。

Fig. 3 Asymmetrical leaf 1. whole asymmetrical lamina; 2. asymmetry only at base. Fig. 4 Leaf form 1. oblong; 2. elliptic; 3. ovate; 4. obovate. Fig. 5 Leaf apex 1. acute; 2. obtuse; 3. retuse; 4. emarginate; 5. acuminate; 6. mucronate; 7. rounded; 8. truncate; 9. attenuate. Fig. 6 Leaf base 1. acute; 2. obtuse; 3. cuneate; 4. rounded; 5. decurrent; 6. truncate; 7. cordate; 8. lobate; 9. sagittate; 10. hastate; 11. peltate. Fig. 7 Leaf margin 1. lobed; 2. dentate; 3. serrate; 4. crenate; 5. regular spacing; 6. irregular spacing; 7. parts of a tooth; a. sinus(angular); b. apical side; c. tooth apex; d. basal side; 8. erose; 9. rounded sinuses; 10. orders of teeth; 11. revolute. Fig. 8 Gland position 1. seta; 2. petiolar; 3. apical; 4. marginal; 5. laminar; 6. acropetiolar; 7. basilaminar; 8. in sinus; 9. on teeth.

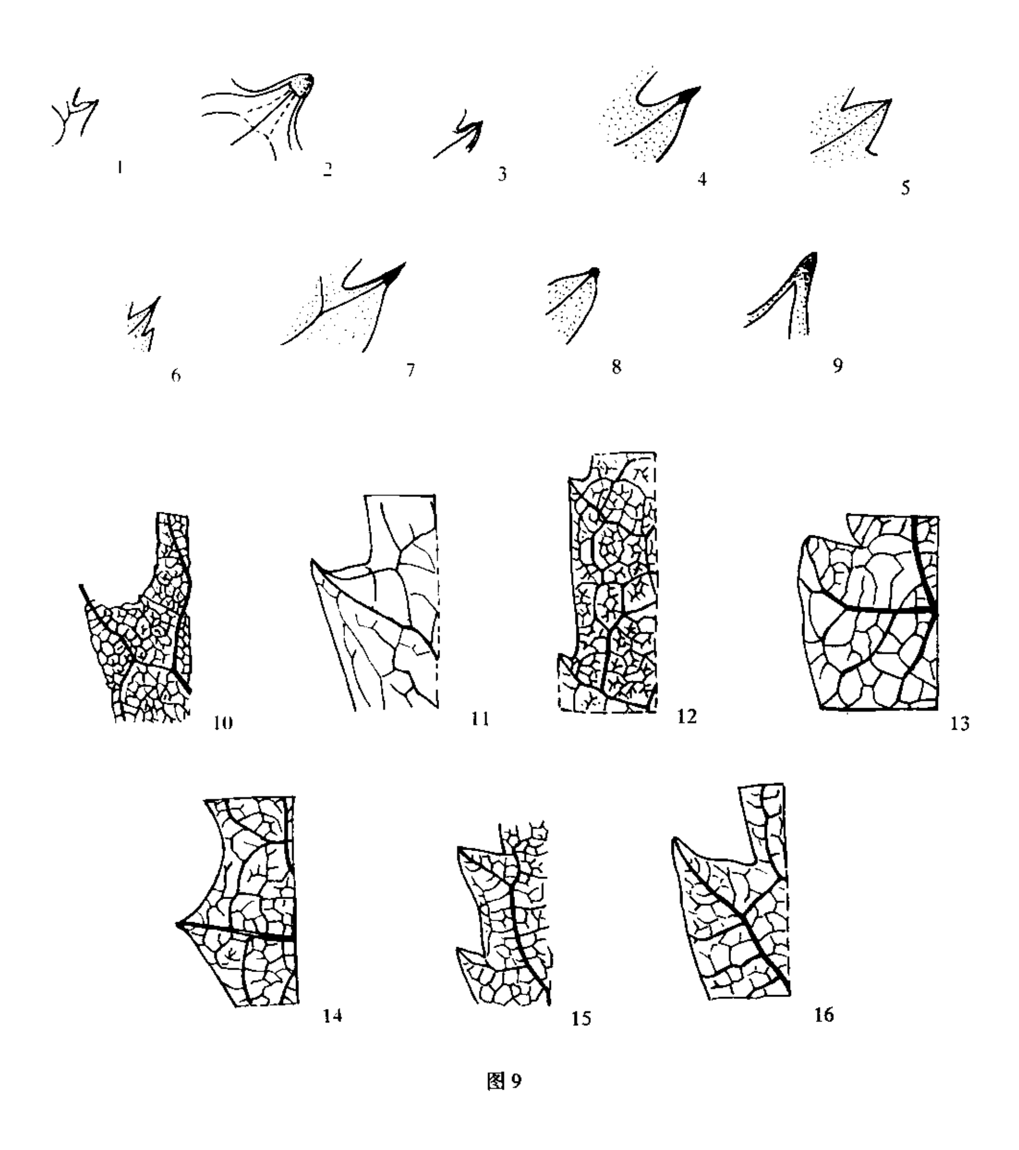


图 9

图 9　齿结构的组成 1.无腺体;2.有腺体;3.顶孔;4.深腺体;5.普通齿尖;6.刺状齿尖;7.刚毛状齿尖;8.球状齿尖;9.主脉偏心;10.刺状齿尖;11.盔状齿尖;12.刚毛状齿尖;13.球状齿尖;14.乳头状齿尖;15.脉序偏离;16.侧脉呈环形。
Fig. 9　Some features of tooth architecture 1. non-glandular; 2. clear glandular; 3. apical foramen; 4. dark glandular; 5. apex simple; 6. apex spinose; 7. apex setaceous; 8. apex spherulate; 9. principal vein eccentric; 10. spinose apex; 11. cassidate apex; 12. setaceous apex; 13. spherulate apex; 14. papillate apex; 15. veins deflected; 16. accessory veins looped.

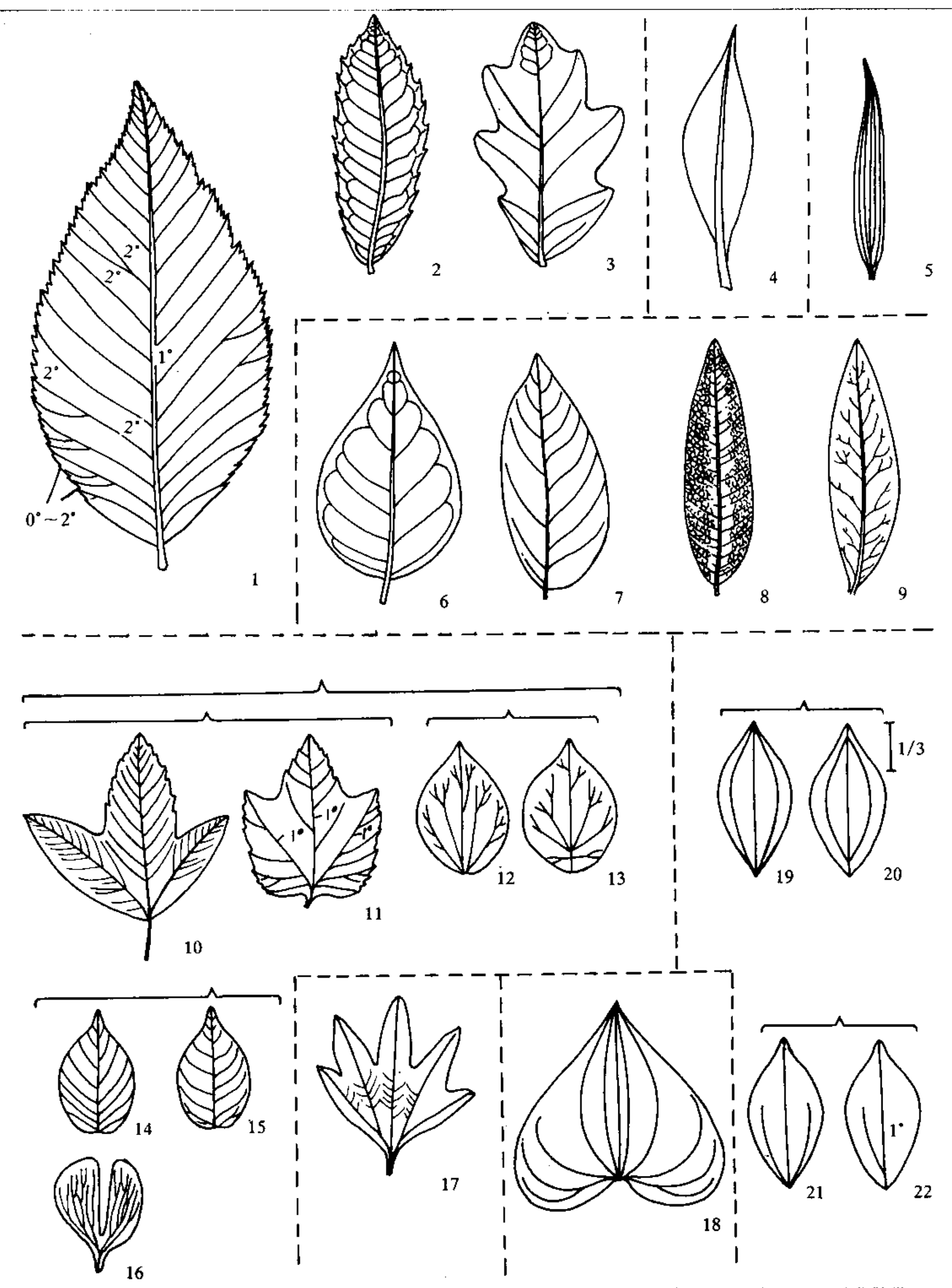


图10 脉序的类型 1～3.达缘脉类:1.达缘脉;2.半达缘脉;3.混合达缘脉; 4.隐脉;5.平行脉; 6～9.弓曲脉类: 6.弓形脉;7.真曲脉;8.网状脉; 9. 分支脉;10～15.掌状脉;16.扇形脉;17.复出掌状脉;18.弧状脉;19～22.聚顶脉。

Fig.10 Types of venation 1～3. craspedodromous: 1. simple craspedodromous; 2. semicraspedodromous; 3. mixed craspedodromous; 4. hyphodromous; 5. parallelodromous; 6～9. camptodromous: 6. brochidoromous; 7. eucamptodromous; 8. reticulodromous; 9. cladodromous; 10～15. actinodromous; 16. flabellate; 17. palinactinodromous; 18. campylodromous; 19～22. acrodromous.

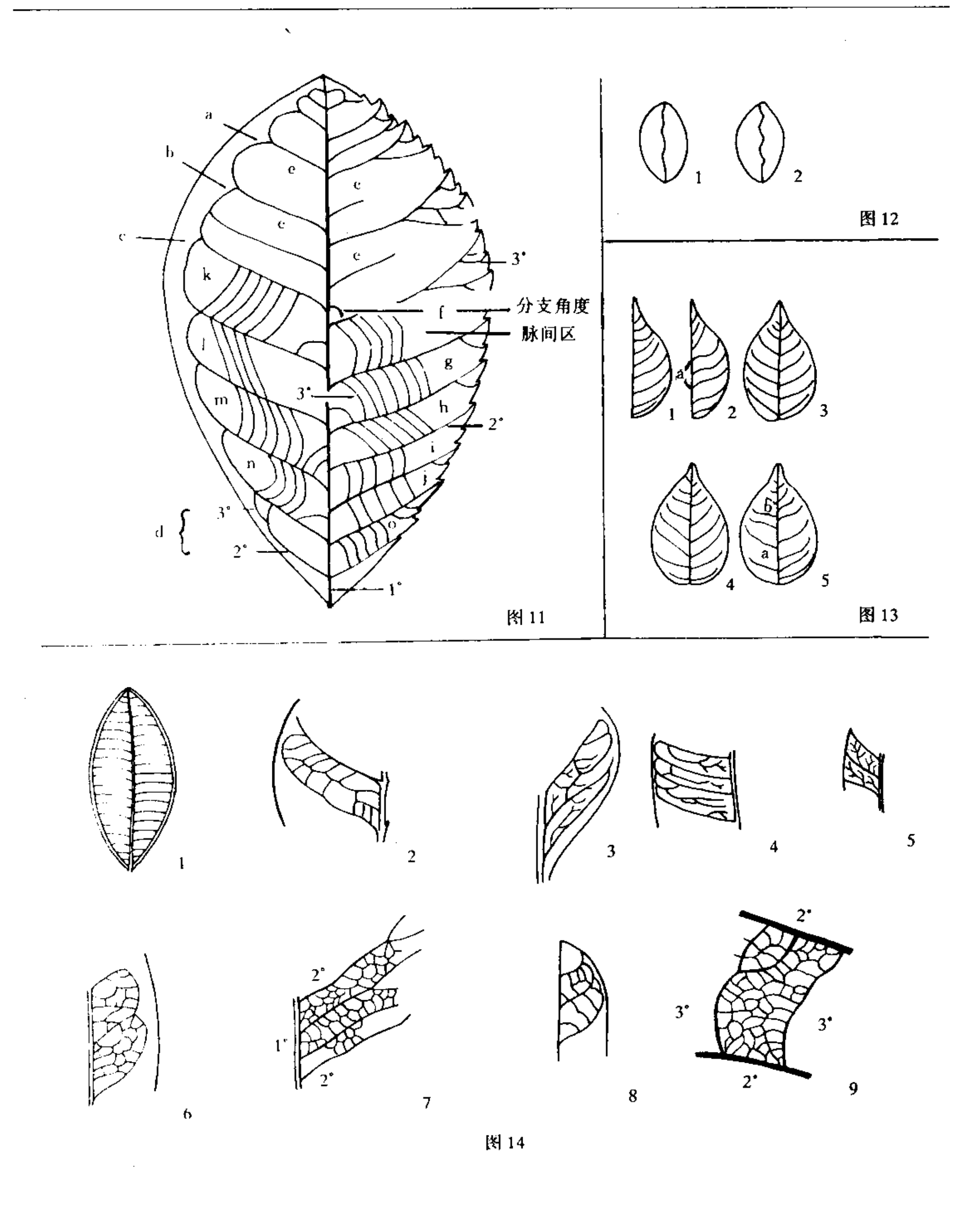


图 11　一级脉,二级脉和三级脉的某些行为　a~d.形成环形分支的行为;e.间二级脉;f~o.三级脉的脉形。　图 12　一级脉的脉形　1.细弯;2."之"字形。　图 13　二级脉分支角的变化。　图 14　近缘内脉,间二级脉及多级脉的特征 1.近缘内脉;2.间二级脉;3~5.三级脉特征;6~9.多级脉特征。

Fig. 11　Some behaviors of main, secondary and tertiary veins　a~d. behavior of loop-forming branches; e. intersecondary vein; f~o. course　Fig. 12　Course of main vein 1. sinuous; 2. zigzag. of tertiary veins.　Fig. 13 Variation in divergence angles of secondary vein.　Fig. 14　Features of intramarginal, intersecondary, tertiary and higher order veins. 1. intramarginal veins; 2. composite intersecondary; 3~5. features of tertiary veins; 6~9. features of higher order veins.

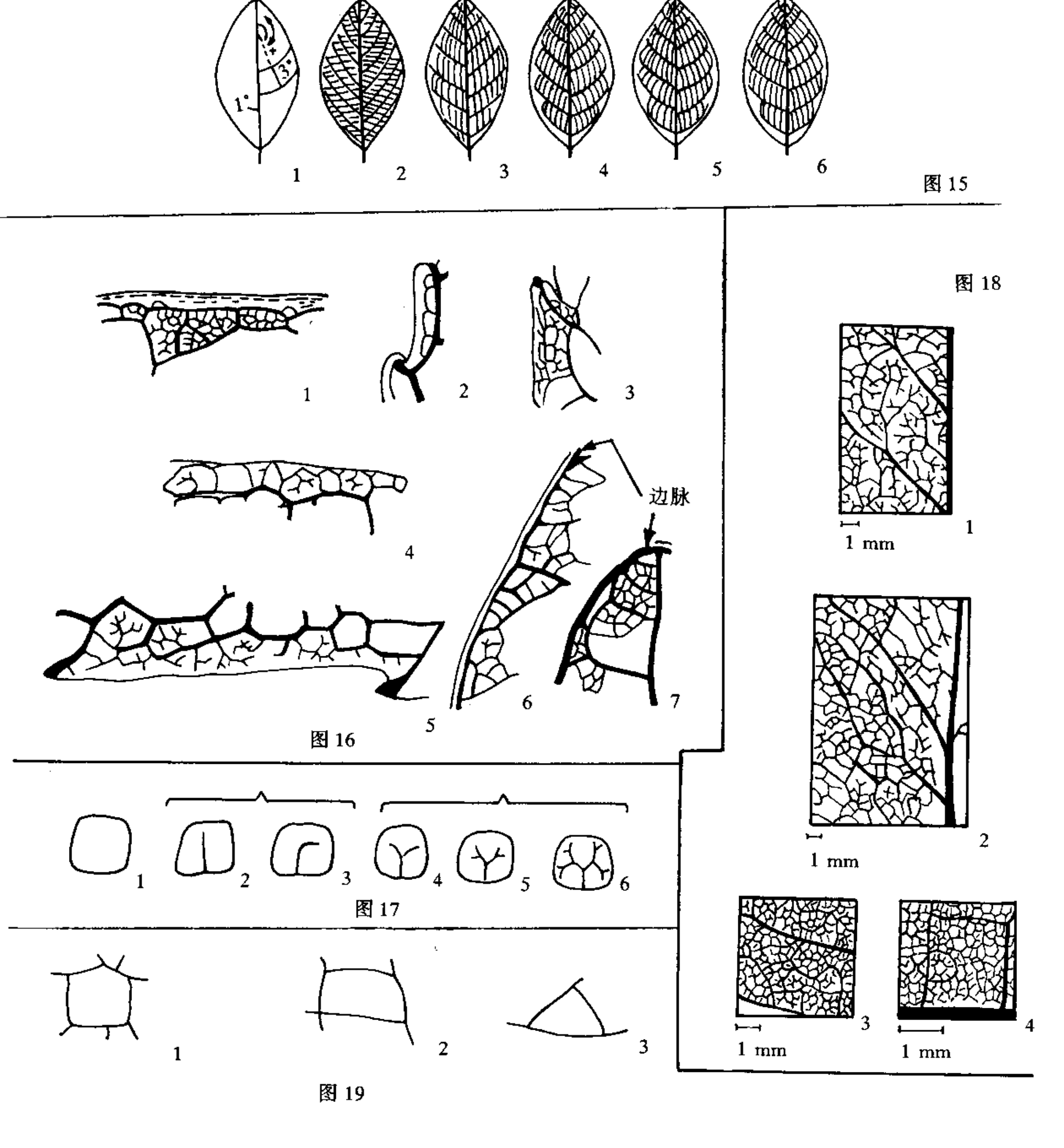


图 15 三级脉与中脉的关系 1. 三级脉和主脉的夹角；2. 垂直；3. 纵向性；4～6. 偏斜。 图 16 叶缘末级脉的类型 1～2,4. 环形；3,5. 不完整；6～7. 边脉。 图 17 小脉 1. 无；2. 线形；3. 弯曲；4. 分叉一次；5. 分叉二次；分叉三次。 图 18 脉间区的发育 1. 缺失；2. 不完整；3. 不完全；4. 完全。 图 19 脉间区形状 1. 五边形；2. 四边形；3 三角形。

Fig. 15 Relationship of tertiary veins to midvein 1. the angle of tertiary vein and midvein; 2. perpendicular; 3. longitudinal; 4～6. oblique. Fig. 16 Marginal ultimate venation types 1～2, 4, looped; 3, 5, incomplete; 6～7, fimbriate. Fig. 17 Veinlets 1. none; 2～3. simple veinlets; 2. linear; 3. curved; 4～5. branched veinlets; 4. once; 5. twice; 6. three times. Fig. 18 Areole development 1. lacking; 2. incomplete; 3. imperfect; 4. well developed. Fig. 19 Areolation shape 1. pentagonal; 2. quadrangular; 3. triangular.